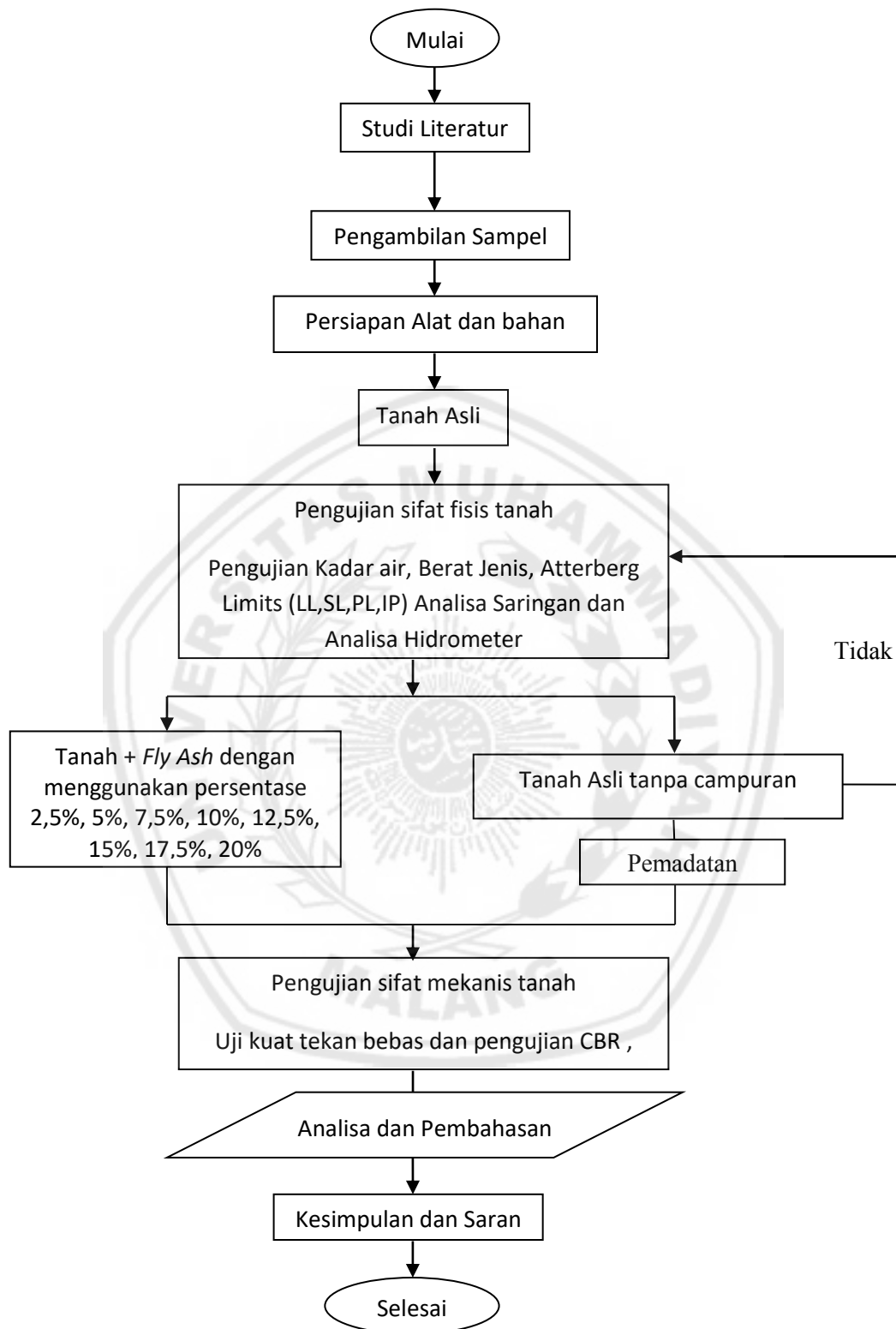


BAB III

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian pengujian laboratorium. Kegiatan penelitian mengenai pengaruh *Fly Ash* terhadap nilai CBR tanah yang dilakukan dengan cara pengujian CBR di laboratorium. Adapun sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini diambil dari daerah Dringu kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di laboratorium mekanika tanah jurusan teknik sipil Universitas Muhammadiyah Malang.

Sementara itu metode penilaian yang dilaksanakan meliputi, beberapa tahap pekerjaan mulai dari studi literatur yang digunakan dalam penulisan maupun penelitian, tahap pekerjaan lapangan dan tahap pekerjaan laboratorium. Pada pekerjaan lapangan dilakukan pengambilan sampel tanah. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian dan analisa laboratorium berupa pengujian sifat-sifat fisis tanah dan sifat-sifat mekanis tanah. Untuk pelaksanaan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada diagram alirnya pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengujian dan Analisis

1.1. Studi Literatur

Sebelum persiapan penelitian dimulai dilakukan mengumpulkan informasi dan data-data yang berhubungan dengan tema yang dibahas sebagai tinjauan pustaka, baik dari buku , jurnal dan beberapa hasil penelitian yang telah lalu yang bersangkutan dengan judul yang di ambil.

1.2. Pengambilan Sampel

Pekerjaan persiapan atau lapangan di awali dengan pengambilan sampel atau bahan-bahan yang akan dibutuhkan untuk penelitian di laboratorium. Sehingga pelaksanaan di laboratorium dapat berjalan dengan baik . untuk bahan yang dijadikan sampel pada penelitian ini diambil dari beberapa lokasi.

Tanah yang digunakan pada penelitian ini merupakan tanah lempung ekspansif, yang banyak terdapat pada daerah yang mempunyai kadar air tanah yang cukup tinggi untuk daerah jawa timur, daerah yang di perkirakan terdapat tanah lempung ekspansif yaitu di daerah Dringu Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur.

Adapun hal – hal yang dilakukan pada pengambilan sampel tanah ekspansif sebagai berikut :

1. Pembersihan sampel dari akar pohon, rumput dan kotoran lainnya. Selain tanah yang di ambil dengan kedalaman tidak lebih dari 1 meter di bawah permukaan tanah.
2. Tanah yang di ambil dicangkul dan dimasukkan ke dalam karung sehingga mudah dalam pengangkutan dan penyimpanan.
3. Perlakuan pada sampel sebelum dilakukan penelitian adalah menghilangkan kadar air dengan cara di jemur ataupun di oven.

3.3. Persiapan Alat dan Bahan

Untuk persiapan alat, alat penelitian menggunakan alat-alat yang terdapat di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Malang. Sedangkan untuk pengambilan bahan campuran *Fly Ash*, *Fly Ash* di ambil dari PLTU daerah Jepara.

3.4. Pengujian Sifat Fisis Tanah

Pengujian sifat fisis (index Properties) tanah : yaitu sifat tanah dalam keadaan asli maupun akibat adanya pembebanan. Adapun pengujian sifat fisis tanah yang dilakukan adalah (Laboratorium Mekanika Tanah UMM,2014) :

3.4.1. Pengujian Kadar Air (*Water Content*)

Pengujian ini dilakukan dengan berpedoman terhadap standard percobaan ASTM D-2216-71. Adapun tujuannya adalah untuk menentukan kadar air tanah yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering yang dinyatakan dalam persen (%). Adapun peralatan yang harus di sediakan dalam melakukan penelitian ini, berikut peralatan yang digunakan (Laboratorium Mekanika Tanah UMM ,2010) :

- Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai 110°C
- Cawan kedap udara dan tidak berkarat dengan ukuran yang cukup. Cawan dapat dibuat dari gelas atau logam misalnya dari aluminium.
- Neraca / timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- Neraca / timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- Neraca / timbangan dengan ketelitian 1 gram
- Desiktator (alat pendingin) berisi *calcium chloride*.
- Penjepit (*crubicle tongs*)

Kemudian setelah disediakannya peralatan-peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian kadar air tanah, berikut langkah-langkah Prosedur Pelaksanaannya (Laboratorium Mekanika Tanah UMM,2010) :

- Benda uji yang mewakili contoh tanah yang diperiksa, ditempatkan dalam cawan yang bersih, dan ditimbang beratnya (benda-uji + cawan = W1)
- Cawan diletakkan dalam oven selama ± 4 jam (sampai beratnya konstan) temperature 110°
- Setelah dioven letakkan cawan dalam desikator untuk didinginkan
- Timbang cawan beserta isinya (W2)
- Bersihkan dan keringkan cawan tersebut kemudian timbang (W3)

Setelah di dapatkan hasil pengujian maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data yang akurat, berikut prosedur perhitungannya (Laboratorium Mekanika Tanah UMM , 2010) :

- Berat cawan + tanah basah = W1 gram
- Berat cawan + tanah kering = W2 gram
- Berat cawan kosong = W3 gram
- Berat air = (W1 – W2) gram
- Berat tanah kering = (W2 – W3) gram
- Kadar air = $\frac{W1-W2}{W2-W3} \times 100\%$ (3.1)

3.4.2. Berat Jenis Tanah

Pengujian berat jenis tanah (*specific gravity*) adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan volume butir, pada tempratur tertentu. Pengujian ini dilakukan dengan berpedoman terhadap standard percobaan AASHTO T 100-74. Adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis suatu tanah. Adapun peralatan yang harus di sediakan dalam melakukan penelitian ini, berikut peralatan yang akan digunakan (Laboratorium Mekanika Tanah UMM ,2014) :

- Piknometer dengan kapasitas minimum 100 ml atau botol ukur dengan kapasitas minimum 50 ml
- Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
- Desikator

- Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
- Termometer dengan ukuran $0 - 50^{\circ}\text{C}$ dengan ketelitian 1°C
- Saringan No.4, No.10, No.40 dan penadahnya.
- Botol berisi air suling
- Bak perendam
- Pompa hampa udara (vacuum $1 - 1,5$ PK) atau tungku listrik (hot-plate)

Kemudian setelah disediakannya peralatan-peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian berat jenis tanah, berikut langkah-langkah Prosedur Pelaksanaannya (Laboratorium Mekanika Tanah UMM,2010) :

- Benda uji diambil dari tanah asli dan disaring dengan saringan no.4 dan tanah yang di ambil yaitu butiran yang tertahan di saringan no.4.
- Cuci piknometer dengan air suling yang dikeringkan. Timbang piknometer dan tutupnya dengan ketelitian 0,01 gram (W_1).
- Masukkan benda uji ke dalam piknometer dan timbang bersama tutupnya dengan ketelitian 0,01 gram (W_2).
- Tambahkan air suling sehingga piknometer terisi dua pertiga volumenya. Untuk bahan yang mengandung lempung. Diamkan benda uji terendam paling sedikit 24 jam.
- Didihkan isi piknometer dengan hati hati minimal 10 menit dan miringkan botol sekali sekali untuk mempercepat pengeluaran udara yang tersekap dalam benda uji.
- Jika menggunakan pompa vakum , tekanan udara dalam piknometer atau botol ukur tidak boleh dibawah 100 ml. Kemudian isi piknometer dengan air suling dan biarkan piknometer beserta isinya untuk mencapai suhu konstan di dalam bejana air. Sesudah suhunya konstan tambahkan air suling secukupnya sampai tanda batas atau sampai penuh. Tutuplah piknometer, keringkan bagian

luarnya dan timbang sampai mencapai ketelitian 0,01 gram (W_3). Ukur suhu dari piknometer dengan ketelitian 1°C .

- Bila isi piknometer belum diketahui, maka tentukan harga sebagai berikut :
kosongkan piknometer dan bersihkan. Isi piknometer dengan air suling yang suhunya sama dengan suhu pada (c) dengan ketelitian 1°C dan pasang tutupnya. Keringkan bagian luarnya dan timbang dengan ketelitian 0,01 gram, dan dikoreksi terhadap suhu (W_4).
- Pemeriksaan dilakukan dua kali.

Setelah di dapatkan hasil pengujian maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data yang akurat, berikut prosedur perhitungannya (Laboratorium Mekanika Tanah UMM , 2010) :

- Berat piknometer + tanah = W_2 (gr)
- Berat piknometer = W_1 (gr)
- Berat tanah = $W_2 - W_1$ (gr)
- Berat piknometer + air + tanah = W_3 (gr)
- Berat piknometer + air pada suhu $T^\circ\text{C}$ = W_4 (gr)
- Berat Jenis Tanah (GS) =
$$\frac{(W_2 - W_1)}{(W_2 - W_1) + (W_4 - W_3)} \dots\dots\dots(3.2)$$

3.4.3. Pengujian *Atterberg Limits*

Pengujian batas konsistensi (*Atterberg Limit*), pengujian ini dilakukan dengan berpedoman terhadap Standard Percobaan AASHTO T 89-74. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui batas cair, batas susut, batas plastis dan indeks plastisitas dari suatu tanah.

3.4.3.1. Pengujian Batas Cair

Batas cair (*Liquid Limits*) adalah kadar air dimana tanah berada dalam batas keadaan plastis dan cair. Adapun peralatan yang harus di sediakan dalam melakukan penelitian ini, berikut peralatan yang akan digunakan pada pengujian batas cair ini (Laboratorium Mekanika Tanah UMM ,2010) :

- Cawan porselen, Ø 115 mm untuk mencampur tanah dengan air
- Spatula dengan panjang 12,5 cm
- Alat batas cair standart
- Alat pembuat alur (*grooving tool*)
- Cawan penguap
- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- Oven dengan suhu 110°C

Kemudian setelah disediakanya peralatan-peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian batas cair , berikut langkah-langkah Prosedur Pelaksanaannya (Laboratorium Mekanika Tanah UMM,2010) :

- Ambil contoh tanah $\pm 150 - 200$ gram.
- Tempatkan dalam cawan porselen dan campurkan dengan air suling sebanyak 15 – 20 ml. campur dengan merata menggunakan spatula.
- Ambil contoh tanah yang telah tercampur dengan homogen dan taruh dalam cawan batas cair.
- Ratakan permukaan contoh tanah dalam cawan sehingga sejajar dengan alas.
- Buat alur pada contoh tanah tersebut dengan menggunakan *grooving tool*. Cara membuat alur adalah dengan memegang alat *grooving tool* tegak lurus permukaan contoh tanah.
- Dengan bantuan alat pemutar, angkat dan turunkan cawan tersebut dengan kecepatan 2 putaran/detik.
- Hentikan aksi tersebut jika alur sudah tertutup sepanjang $\pm 1,25$ cm dan hirung berapa ketukan yang dibutuhkan.
- Ambil contoh tersebut sebagian untuk diperiksa kadar airnya.
- Ulangi percobaan di atas dengan kadar air yang berbeda.

Setelah di dapatkan hasil pengujian maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data yang akurat, berikut prosedur perhitungannya (Laboratorium Mekanika Tanah UMM , 2010) :

- Buat grafik dimana jumlah ketukan (N) dan ordinat adalah kadar air contoh tanah yang bersangkutan.
- Yang disebut dengan Batas Cair adalah kadar air dimana $N = 25$.

3.4.3.2. Pengujian Batas Plastis

Batas plastis (*Plastic Limits*) adalah nilai kadar air terendah dari suatu tanah dimana tanah tersebut masih dalam keadaan plastis. Adapun peralatan yang harus di sediakan dalam melakukan penelitian ini, berikut peralatan yang akan digunakan pada pengujian batas plastis ini (Laboratorium Mekanika Tanah UMM, 2010) :

- Cawan penguap
- Spatula
- Pelat kaca
- Cawan pencampur
- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- Oven pengering

Kemudian setelah disediakannya peralatan-peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian batas plastis , berikut langkah-langkah Prosedur Pelaksanaannya (Laboratorium Mekanika Tanah UMM, 2010) :

- Ambil contoh tanah dan campur dengan air suling sampai merata dengan bantuan spatula.
- Jika tanah sudah homogen, ambil contoh ± 8 gram dan buat gulungan tanah di atas plat kaca sampai mencapai batangan-batangan dengan diameter 3 mm. contoh tanah yang tepat pada diameter 3 mm mulai menunjukkan retak-retak menunjukkan tanah dalam keadaan batas plastis.
- Ambil contoh tanah tersebut dan periksa kadar airnya.
- Jika batangan tanah belum mencapai diameter 3 mm sudah menunjukkan retak maka tanah tersebut terlalu kering dan percobaan tersebut harus diulang dengan menambahkan kadar airnya dan sebaliknya jika batangan tanah sudah

mencapai diameter 3 mm dan belum menunjukkan retak maka tanah terlalu basah dan perlu dikeringkan dengan jalan didiamkan/diaduk-aduk dalam cawan pencampur.

3.4.3.3. Pengujian Batas Susut

Batas Susut (*Shrinkage Limits*) adalah untuk menentukan kadar air dari contoh tanah pada batas mengkerut, dimana sudah tidak ada lagi pengurangan volume apabila air diluapkan atau dikeringkan. Adapun peralatan yang harus disediakan dalam melakukan penelitian ini, berikut peralatan yang akan digunakan pada pengujian batas plastis ini (Laboratorium Mekanika Tanah UMM, 2010) :

- Cawan pencampur
- Cawan penguap dengan diameter 150 mm.
- Spatula
- Cawan susu porselen dengan dasar rata , \varnothing 45 mm dan tinggi 12,5 mm.
- Mistar pelurus
- Timbangan ketelitian 0,01 gram
- Oven pengering.

Kemudian setelah disediakannya peralatan-peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian batas susut , berikut langkah-langkah Prosedur Pelaksanaannya (Laboratorium Mekanika Tanah UMM, 2010) :

- Tempatkan contoh dalam cawan pencampur dan campurkan dengan air suling sehingga contoh tanah jenuh dan tidak terdapat lagi gelembung udara. Kadar air yang dibutuhkan minimal sama dengan kadar air batas cair.
- Lapisi bagian cawan susu dengan vaselin untuk mencegah tanah menempel pada dinding cawan. Tempatkan contoh tanah sampai kira-kira 1/3 bagian cawan susu dan ketuk-ketuk perlahan-lahan sehingga seluruh cawan terisi. Kemudian isi lagi 1/3 bagiannya dan ketuk-ketuk kembali, terakhir isi sampai penuh dan sampai ada yang tertumpah keluar. Ratakan permukaan tanah benar-benar rata.

- Timbang contoh dan cawan
- Kemudian masukkan dalam oven sampai kering.
- Timbang tanah dalam keadaan kering.

3.4.4. Analisa Saringan

Pengujian Analisa Saringan, pengujian ini dilakukan dengan berpedoman terhadap standard percobaan ASTM C-136-46/AASHTO T-27-74/PB 0201-76. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui jumlah tanah yang tertahan dan lolos dalam saringan yang telah ditentukan, serta menentukan pembagian ukuran butir suatu tanah. Adapun peralatan yang harus disediakan dalam melakukan penelitian ini, berikut peralatan yang akan digunakan pada pengujian batas plastis ini (Shirley,1994):

- Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari benda uji
- Satu set saringan dengan ukuran : 1,5", 1" , ¾" , 3/8" , No.4, No.8, No.30, No.50, No.100 dan No.200.
- Oven dengan pengatur suhu sampai 110° C.
- Alat pemisah saringan
- Mesin pengguncang saringan
- Kuas, sikat kuningan, sendok dan alat-alat lainnya.

Kemudian setelah disediakannya peralatan-peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan analisa saringan , berikut langkah-langkah Prosedur Pelaksanaannya (Shirley,1994) :

- Benda uji dikeringkan dalam oven
- Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan mesin pengguncang selama ± 15 menit.
- Benda uji yang terahan pada masing-masing saringan ditimbang.

Setelah di dapatkan hasil pengujian maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data yang akurat, berikut prosedur perhitungannya (Shirley,1994) :

- Jumlah berat tertahan untuk masing-masing ukuran saringan secara kumulatif.
- Jumlah prosentase berat benda uji tertahan dihitung terhadap berat total secara akumulatif.
- Jumlah prosentase berat benda uji yang melalui masing-masing saringan dihitung.

3.4.5. Analisa Hidrometer

Analisa Hidrometer, pengujian ini dilakukan dengan berpedoman terhadap standard percobaan AASHTO T 88-72. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan pembagian ukuran butir dari tanah yang lewat saringan No.200. Adapun peralatan yang harus di sediakan dalam melakukan penelitian ini, berikut peralatan yang akan digunakan pada analisa hidrometer ini (Laboratorium Mekanika Tanah UMM,2010):

- Hidrometer dengan skala-skala konsentrasi (5-60 gram/liter) atau untuk pembacaan berat jenis campuran (0,995 – 1,038).
- Tabung-tabung gelas kapasitas 1000 ml, dengan diameter 6,5 cm
- Termometer 0 -50 °C dengan ketelitian 1 °C
- Pengaduk mekanis dan mangkok dispersi / mechanical stirrer.
- Saringan-saringan No.10, No.20, No.40, No.80, No.100, No.200
- Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
- Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110±5)
- Tabung-tabung gelas dengan ukuran 50 ml dan 100 ml
- Batang pengaduk dari gelas
- Stopwatch

Kemudian setelah disediakannya peralatan-peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan analisa hidrometer , berikut langkah-langkah Prosedur Pelaksanaannya (Laboratorium Mekanika Tanah UMM,2014) :

- Rendamlah benda uji tersebut dengan 100 ml air suling dan bahan disperse waterglass sebanyak 20 ml, atau 50 ml air suling dan bahan disperse SHP (sodium hexametaphospat) sebanyak 100 ml, aduk sampai merata dengan pengaduk gelas dan biarkan terendam selama 24 jam.
- Sesudah perendaman, pindahkan campuran semua ke dalam mangkok pengaduk dan tambahkan air suling sampai kira-kira setengah penuh. Aduklah campuran selama 15 menit.
- Pindahkan campuran semuanya ke dalam tabung gelas ukur dan tambahkan air suling atau air bebas mineral sampai campuran menjadi 1000 ml. Tutuplah rapat-rapat mulut tabung dengan telapak tangan dan kocoklah dalam arah mendatar selama 1 menit.
- Segera setelah dikocok letakan tabung dan dengan hati-hati masukkan hidrometer. Biarkan hidrometer terapung bebas, dan tekanlah stopwatch. Bacalah angka skalanya pada saat stopwatch menunjukkan 0,5 menit ; 1 menit dan 2 menit dan catatlah pada form No.06. Bacalah pada puncak meniscusnya dan catatlah pembacaan itu sampai 0,5 gram per liter yang terdekat atau 0,001 berat jenis (Rh). Sesudah pembacaan pada menit kedua, angkatlah hidrometer dengan hati-hati, cuci dengan air suling dan masukkan ke dalam air tabung yang berisi air suling yang bersuhu sama seperti suhu tabung percobaan.
- Masukkan kembali hidrometer ke dalam tabung dan lakukan pembacaan hidrometer pada saat-saat 5,15, 30 menit. 1, 4, 24 jam. Sesudah setiap pembacaan dan kembalikan hidrometer ke dalam air suling. Lakukan proses memasukkan dan mengangkat hidrometer masing-masing selama 10 detik.
- Ukur suhu campuran tersebut sekali dalam 15 menit yang pertama, kemudian pada setiap pembacaan berikutnya.
- Sesudah pembacaan terakhir, pindahkan campuran tersebut ke dalam saringan No.200 dan cucilah air pencucinya hingga jernih dan biarkan air mengalir terbuang. Fraksi yang tertinggal di atas saringan No.200 harus dikeringkan dan dilakukan pemeriksaan analisa saringan agregat halus dan kasar.

3.5. Rancangan Benda Uji

3.5.1. Sampel Benda Uji Tanah Asli

Tabel 3.1 Rancangan Benda Uji

No. Pengujian	Jumlah Benda Uji
1. Pengujian Kadar Air Tanah Asli	4 sampel
2. Pengujian Berat Jenis	4 sampel
3. Pengujian Analisis Granuler	
• Analisa saringan	1 sampel
• Hidrometer	1 sampel
4. Pengujian Batas-Batas Konsistensi (<i>Atterberg</i>)	
• Pengujian Batas Cair	8 sampel
• Pengujian Batas Susut	2 sampel
• Pengujian Batas Plastis	2 sampel
5. Pengujian Pemadatan (<i>Proctor Test</i>)	6 sampel
6. Pengujian Kuat Tekan Bebas (<i>Unconfined compressive strength</i>)	1 sampel
7. Pengujian CBR :	
• Soaked	2 sampel
Jumlah	31 sampel

3.5.2. Rancangan Variasi Campuran Pembuatan Benda Uji CBR (*Soaked*)

1. Tanah Ekspansif Asli	= 2 sampel
2. Tanah Ekspansif + <i>Fly Ash</i> 2,5%	= 2 sampel
3. Tanah Ekspansif + <i>Fly Ash</i> 5%	= 2 sampel
4. Tanah Ekspansif + <i>Fly Ash</i> 7,5%	= 2 sampel
5. Tanah Ekspansif + <i>Fly Ash</i> 10%	= 2 sampel
6. Tanah Ekspansif + <i>Fly Ash</i> 12,5%	= 2 sampel
7. Tanah Ekspansif + <i>Fly Ash</i> 15%	= 2 sampel
8. Tanah Ekspansif + <i>Fly Ash</i> 17,5%	= 2 sampel
9. Tanah Ekspansif + <i>Fly Ash</i> 20%	= 2 sampel

3.5.3. Rancangan Variasi Campuran Pembuatan Benda Uji Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compressive Strength*)

1. Tanah Ekspansif Asli	= 2 sampel
2. Tanah Ekspansif + <i>Fly Ash</i> 2,5%	= 2 sampel
3. Tanah Ekspansif + <i>Fly Ash</i> 5%	= 2 sampel
4. Tanah Ekspansif + <i>Fly Ash</i> 7,5%	= 2 sampel

5. Tanah Ekspansif + *Fly Ash* 10% = 2 sampel
6. Tanah Ekspansif + *Fly Ash* 12,5% = 2 sampel
7. Tanah Ekspansif + *Fly Ash* 15% = 2 sampel
8. Tanah Ekspansif + *Fly Ash* 17,5% = 2 sampel
9. Tanah Ekspansif + *Fly Ash* 20% = 2 sampel

3.5.4. Perhitungan Kebutuhan Bahan Uji CBR

Tabel 3.2 Kebutuhan Benda Uji CBR

Bahan	Presentase Campuran							
	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%	15.0%	17.5%	20%
Kebutuhan Proctor	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Kebutuhan <i>Fly Ash</i>	125	250	375	500	625	750	875	1000
Kebutuhan Tanah Asli	4875	4750	4625	4500	4375	4250	4125	4000
Jumlah	35500							

➤ Kebutuhan Bahan Utama Uji CBR

- Tanah Ekspansif Asli = 5.000gr x 1 sampel = 5000 gram

➤ Kebutuhan Variasi Campuran

• *Fly Ash*

Lempung Ekspansif + *Fly Ash* 2,5% = (4.875 + 125) x 1 sampel= 5000 gram

Lempung Ekspansif + *Fly Ash* 5% = (4.750 + 250) x 1 sampel= 5000 gram

Lempung Ekspansif + *Fly Ash* 7,5% = (4.625 + 375) x 1 sampel= 5000 gram

Lempung Ekspansif + *Fly Ash* 10%= (4.500 + 500) x 1 sampel= 5000 gram

Lempung Ekspansif + *Fly Ash* 12,5%= (4.375 + 625) x 1 sampel= 5000 gram

Lempung Ekspansif + *Fly Ash* 15% = (4.250 + 4.125) x 1 sampel= 5000 gram

Lempung Ekspansif + *Fly Ash* 17,5%= (4.500 + 500) x 1 sampel= 5000 gram

Lempung Ekspansif + *Fly Ash* 20%= (4000 + 1000)x1 sampel = 5000 gram

3.5.5. Perhitungan Kebutuhan Bahan Uji Pemadatan (*Standart Proctor Test*)

Tabel 3.3 Kebutuhan Benda Uji Pemadatan

Bahan	Presentase Campuran							
	2.5%	5.0%	7.5%	10%	12.5%	15%	17.5%	20%
Kebutuhan Proctor	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Kebutuhan <i>Fly Ash</i>	50	100	150	200	250	300	350	400
Kebutuhan Tanah Asli	1950	1900	1850	1800	1750	1700	1650	1600
Jumlah	14200							

➤ Kebutuhan Bahan Utama Uji Pemadatan (*Standart Proctor Test*)

- Tanah Ekspansif Asli = 2.000 gr x 6 sampel = 12.000 gram

3.6. Pengujian Sifat Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis tanah, pada pengujian ini akan dilakukan percobaan dengan menggunakan bahan *Fly Ash*. Adapun pengujian sifat mekanis tanah yang dilakukan adalah :

3.6.1. Pemadatan

Pemadatan (standard Compaction), pengujian ini dilakukan dengan berpedoman terhadap standard percobaan AASHTO T 99-74. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan hubungan kadar air dengan kepadatan tanah sehingga bisa diketahui kepadatan maksimum dan kadar air optimum. Adapun peralatan yang harus di sediakan dalam melakukan penelitian ini, berikut peralatan yang akan digunakan pada uji pemdatan ini (Laboratorium Mekanika Tanah UMM,2010):

- Cetakan diameter 102 mm (4"), kapasitas $0,000943 \pm 0,000008 \text{ m}^3$, dengan diameter dalam $101,6 \pm 0,406 \text{ mm}$, tinggi $116,43 \pm 0,1270 \text{ mm}$.
- Alat tumbuk tangan dari logam yang mempunyai permukaan tumbuk rata diameter $50,8 \pm 0,127 \text{ mm}$, berat $2,496 \pm 0,009 \text{ kg}$ dilengkapi dengan

selubung yang bisa mengatur tinggi jatuh secara bebas setinggi $304,8 \pm 1,524$ mm. Selubung harus sedikitnya mempunyai 2 x 4 buah lubang udara yang berdiameter tidak lebih kecil dari 9,5 mm ($3/8''$) dengan poros tegak lurus satu sama lain berjarak 19 mm dari kedua ujung. Selubung harus cukup longgar sehingga batang penumbuk dapat jatuh bebas tanpa terganggu.

- Alat pengeluar contoh (sample extruder)
- Alat perata dari besi sepanjang 25 cm, salah satu sisi memanjang harus datar dan sisi lain datar
- Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- Timbangan kapasitas 11,5 kg dengan ketelitian 5 gram.
- Saringan 50 mm (2"), 19 mm ($3/4''$) dan 4,75 mm (No. 4).
- Talam, alat pengaduk dan sendok.

Kemudian setelah disediakannya peralatan-peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan uji pemadatan, berikut langkah-langkah Prosedur Pelaksanaannya (Laboratorium Mekanika Tanah UMM, 2014) :

- Keringkan tanah yang di ambil dari lapangan jika masih lembab hingga tanah menjadi gembur. Pengeringan dapat dilakukan di udara terbuka atau dengan alat pengering lain, dengan suhu tidak lebih dari 60°C . Kemudian gumpalan-gumpalan tanah ditumbuk, tetapi butir aslinya tidak pecah.
- Tanah yang sudah gembur disaring dengan saringan 4,75 mm (no. 4)
- Benda uji dibagi menjadi 6 bagian dan tiap bagian dicampur air yang telah ditentukan dan diaduk sampai merata. Penambahan air diatur, sehingga didapat benda uji sebagai berikut:
 - 3 contoh dengan kadar air kira-kira dibawah optimum.
 - 3 contoh dengan kadar air kira-kira diatas optimum.
- Masing-masing benda uji dimasukkan ke dalam kantong plastik dan disimpan selama 12 jam atau sampai kadar airnya merata.

- Timbang cetakan (mold) diameter 102 mm dan keping alasnya dengan ketelitian 5 gram (B₁).
- Cetakan (mold), leher (collar) dan keping alasnya (base plate) dipasang jadi satu dan ditempatkan pada landasan yang kuat.
- Ambil salah satu dari ke enam contoh tersebut kemudian diaduk dan dipadatkan di dalam cetakan dengan cara sebagai berikut :
Jumlah keseluruhan tanah yang digunakan harus tepat, sehingga tinggi kelebihan tanah yang diratakan setelah leher dilepas tidak lebih dari 0,5 cm. Pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk standar 4,54 kg dengan tinggi jatuh 45,7 cm. Tanah dipadatkan dalam 3 lapis dengan 25 kali tumbukan.
- Potong kelebihan tanah dari bagian keliling leher dengan pisau dan lepaskan leher sambung (collar).
- Gunakan alat perata untuk meratakan kelebihan bahan sehingga betul-betul rata dengan permukaan cetakan (mold). Lubang-lubang yang terjadi pada permukaan karena lepasnya butir-butir kasar, harus ditambal dengan bahan-bahan yang berbutir lebih halus.
- Timbang cetakan yang berisi benda uji beserta keping alasnya dengan ketelitian 5 gram (B₂).
- Keluarkan benda uji tersebut dari cetakan dengan mempergunakan alat pengeluar benda uji (sample extruder) dan potong sebagian kecil dari benda uji pada keseluruhan tingginya untuk pemeriksaan kadar air. Tentukan kadar air dari masing-masing benda uji sesuai dengan PB - 0106- 76.

Setelah di dapatkan hasil pengujian maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data yang akurat, berikut prosedur perhitungannya (Shirley,1994) :

- Berat isi basah : $\gamma = \frac{\text{Berat tanah basah}}{\text{Isi cetakan}} \dots\dots\dots(3.3)$

- Berat isi kering : $\gamma_d = \frac{\gamma \times 100}{(100+w)} \dots\dots\dots(3.4)$

3.6.2. Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compressive Test*)

Pengujian kuat tekan bebas bertujuan untuk mendapatkan nilai kekuatan tanah tersebut dalam keadaan bebas sampai mencapai keruntuhan. Percobaan ini dilaksanakan dengan berpedoman terhadap nilai standard percobaan AASHTO T 208-70. Adapun peralatan yang harus di sediakan dalam melakukan penelitian ini, berikut peralatan yang akan digunakan pada uji kuat tekan bebas ini (Laboratorium Mekanika Tanah UMM,2010):

- Mesin tekan bebas (*unconfined compressive machine*).
- Alat untuk mengeluarkan contoh (*extruder*).
- Cetakan benda uji berbentuk silinder dengan tinggi 2 kali diameter.
- Pisau tipis dan rata
- Pisau kawat
- Neraca dengan ketelitian 0,1 gram.
- Stop watch

Kemudian setelah disediakannya peralatan-peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan uji kuat tekan bebas , berikut langkah-langkah prosedur pelaksanaannya (Laboratorium Mekanika Tanah UMM,2014) :

- Benda uji yang dipergunakan berbentuk silinder.
- Benda uji mempunyai diameter minimal 3,3 cm dan tingginya diambil 2 kali diameter. Biasanya dipergunakan benda uji dengan diameter 6,8 cm dan tinggi 13,6 cm.
- Untuk benda uji berdiameter 3,3, cm, besar butiran maksimum yang terkandung dalam benda uji harus lebih kecil dari 0,1 diameter benda uji. Untuk benda uji berdiameter 6,8 cm, besar butiran maksimum yang terkandung dalam benda uji harus lebih kecil dari 1/ 6 kali diameter benda uji.
- Jika setelah pemeriksaan ternyata dijumpai butir yang lebih besar dari ketentuan diatas, hal ini harus dicantumkan dalam laporan.

- Menyiapkan benda uji. Persiapan benda uji dari contoh tanah asli (*undisturbed samples*)
 - Apabila ujung tabung contoh keadaannya tidak rata dan tidak lurus terhadap sumbu tabung, maka contoh tanah harus dikeluarkan dari tabung contoh dan dipotong dengan panjang secukupnya yaitu 2 cm lebih panjang dari pada contoh tanah pengujian yang dipersiapkan.
 - Masukkan contoh tanah ini kedalam "*Split Mould*" dan dengan mempergunakan pisau tajam serta pelat baja yang bertepi lurus permukaan atas dan bawah contoh dapat dibuat rata dan tegak lurus pada sumbunya.
 - Apabila ujung tabung contoh, keadaannya sudah rata dan tegak lurus sumbu tegak tabung, maka contoh tanah dikeluarkan sedikit saja dari dalam tabung dan dengan mempergunakan pisau dan pelat baja yang bertepi lurus permukaan tanah dapat dibuat benar-benar lurus dan rata dengan ujung tabung contoh.
 - Ujung contoh yang sudah rata ini dapat langsung dipakai sebagai permukaan atas atau bawah contoh tanah pengujian tanah yang dipersiapkan.
 - Kemudian contoh tanah dikeluarkan dari tabung contoh, dipotong secukupnya dan ditempatkan dalam "*Split Mould*" untuk meratakan ujung lainnya.
 - Diameter dan panjang serta berat contoh tanah dapat diukur.
- Pemeriksaan kuat tekan bebas dengan cara mengontrol regangan (*strain-controlled*).
- Timbang benda uji dengan ketelitian 0,1 gram letakkan benda uji pada mesin tekan bebas, secara sentris.
- Atur jarum arloji tegangan (*proving ring*), atau kedudukan arloji regangan (*dial gauge*) pada angka nol.
- Pembacaan beban dilakukan pada regangan-regangan 0,5 %, 1 %, 2 % dan seterusnya dengan kecepatan regangan diambil 1/2 % - 2 % per menit, biasanya diambil 1 % per menit.

- Percobaan dilakukan terus sampai benda uji mengalami keruntuhan. Keruntuhan ini dapat dilihat dari makin kecilnya beban, walaupun regangan makin besar.
- Jika regangan mencapai 20 %, tetapi benda uji belum runtuh maka pekerjaan dihentikan.

Setelah di dapatkan hasil pengujian maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data yang akurat, berikut prosedur perhitungannya (Shirley,1994) :

- Regangan axial : $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$ (3.5)

- Beban/luas : $\pi = \frac{P}{A}$ (3.6)

3.6.3. CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian CBR Laboratorium, pengujian ini dilakukan dengan berpedoman terhadap standard percobaan AASHTO T 193 – 74. Percobaan CBR Laboratorium bertujuan untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah dalam keadaan padat maksimum. Adapun peralatan yang harus di sediakan dalam melakukan penelitian ini, berikut peralatan yang akan digunakan pada uji CBR ini (Laboratorium Mekanika Tanah UMM,2010):

- Mesin penetrasi (loading machine) berkapasitas sekurang-kurangnya 4,45 ton (10.000 lb) dengan kecepatan penetrasi sebesar 1,27 mm (0,05”) per menit.
- Cetakan logam yang berbentuk silinder dengan diameter dalam $152,4 \pm 0,6609$ mm (6” $\pm 0,0026$ ”) dengan tinggi $117,8 \pm 0,130$ mm. Cetakan harus dilengkapi dengan leher sambung dengan tinggi 50, 8 mm (2”) dan keping atas logam yang berlubang-lubang dengan tebal 9, 53 mm (3/8”) dan diameter lubang tidak lebih dari 1, 59 mm (1/16”).
- Piring pemisah dari logam (spacer disk) dengan diameter 150, 8 mm (5 15/16”) dan tebal 61, 4 mm.
- Alat penumbuk sesuai dengan cara pemeriksaan pemadatan PB-0111-76 atau PB-0112-76.

- Alat ukur pengembangan (swell) yang terdiri dari keping pengembangan yang berlubang-lubang dengan batang pengatur, tripot logam dan arloji penunjuk.
- Keping beban dengan berat 2,27 kg (5 pound), diameter 194,2 mm (5 7/8") dengan lubang tengah diameter 54 mm (2 1/8").
- Torak penetrasi dari logam berdiameter 49,5 mm (1,95") luas 1935 mm² (3 sqinchi) dan panjang tidak kurang dari 101,6 mm.
- Satu buah arloji beban dan satu buah arloji pengukur penetrasi peralatan lain seperti talem, alat perata, alat untuk merendam.
- Alat timbang sesuai dengan PB - 0111 - 76 atau PB - 0112 - 76.

Kemudian setelah disediakannya peralatan-peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan uji CBR , berikut langkah-langkah prosedur pelaksanaannya (Laboratorium Mekanika Tanah UMM,2014) :

- Ambil contoh kira-kira sebesar 5 kg atau lebih untuk tanah dan 5,5 kg untuk campuran tanah agregat.
- Kemudian campur bahan tersebut dengan air sampai kadar air optimum atau kadar air lain yang dikehendaki.
- Pasang cetakan pada keping alas dan timbang. Masukkan piring pemisah, di atas keping alas dan pasang kertas saring diatasnya.
- Padatkan bahan tersebut didalam cetakan sesuai dengan cara B dan cara D dari pemeriksaan pemadatan PB-0111-76 atau PB-0112-76. Bila benda uji akan direndam periksa kadar air sebelum dipadatkan. Bila benda uji tersebut tidak direndam pemeriksaan kadar air dilakukan setelah benda uji dikeluarkan dari cetakan.
- Buka leher sambungan dan ratakan dengan alat perata, tambal lubang-lubang yang mungkin terjadi pada permukaan karena lepasnya butir kasar dengan bahan yang lebih halus. Keluarkan keping atau piringan pemisah, balikkan dan pasang kembali cetakan berisi benda uji pada keping alas dan timbang.

- Untuk pemeriksaan CBR langsung, benda uji ini telah siap untuk diperiksa. Bila dikehendaki CBR yang direndam (Soaked CBR) harus dilakukan langkah sebagai berikut :
 - Pasang mesin pengembangan diatas benda uji dan kemudian pasang keping pemberat yang dikehendaki sebesar 4,5 Kg (10 lb) atau sesuaidengan keadaan beban perkerasan. Rendam cetakan beserta beban didalam air sehingga air dapat meresap dari atas maupun dari bawah .
 - Pasang tripot beserta arloji pengukur pengembangan, catat pembacaan pertama dan biarkan benda uji selama 96 jam. Permukaan air selama perendaman harus tetap (kira-kira 2,5 cm di atas permukaan benda uji). Tanah berbutir halus atau berbutir kasar, perendaman dapat dilakukan lebih singkat sampai pada pembacaan arloji tetap. Pada akhir perendaman catat pembacaan arloji pengembangan.
 - Keluarkan cetakan dari bak air dan miringakan selama 15 menit sehingga air bebas mengalir habis, jagalah agar selama pengeluaran air permukaan benda uji tidak terganggu.
 - Ambil beban dari keping alas, kemudian cetakan beserta isinya di timbang. Benda uji CBR yang direndam telah siap untuk diperiksa.
- Letakkan keping pemberat di atas permukaan benda uji seberat minimal 4, 5 kg (10 pound) atau sesuai dengan beban perkerasan.
- Untuk benda uji yang direndam beban harus sama dengan beban yang dipergunakan waktu perendaman. Letakkan pertama-tama keping pemberat 2, 27 kg (5 pound) untuk mencegah pengembangan permukaan benda uji pada bagian lubang keping pemberat. Pemberat selanjutnya dipasang setelah torak disentuhkan pada permukaan benda uji.
- Kemudian atur torak penetrasi pada permukaan benda uji sehingga arloji beban menunjukkan beban permukaan sebesar 4,5 kg (10 pound). Beban permulaan ini diperlukan untuk menjamin bidang sentuh yang sempurna antara torak dengan permukaan benda uji. Kemudian arloji penunjuk beban dan arloji pengukur penetrasi di nolkan.

- Berikan pembebanan dengan teratur sehingga kecepatan penetrasi mendekati kecepatan 1, 27 mm/menit (0, 05" per menit). Catat pembacaan pembebanan pada penetrasi 0, 312 mm (0, 0125") ; 0, 62 mm (0, 025") ; 1,25 mm (0,05") ; 1,87 mm (0,075") ; 2,5 mm (0,10") ; 3,75 mm (0,15") ; 5 mm (0,20") ; 7,5 mm (0,30") ; 10 mm (0,40") ; dan 12,5 mm (0,50").
- Catat beban maksimum dan penetrasinya bila pembebanan maksimum terjadi sebelum penetrasi 12, 50 mm (0, 05").
- Keluarkan benda uji dari cetakan dan tentukan kadar air dari lapisan atas benda uji setebal 25, 4 mm.
- Pengambilan benda uji untuk kadar air dapat diambil dari seluruh kedalaman bila diperlukan kadar air rata-rata. Benda uji untuk pemeriksaan kadar air sekurang-kurangnya 100 gram untuk tanah berbutir halus atau sekurang-kurangnya 500 gram untuk tanah berbutir kasar.

